

# Kommunikationssystem

**Publication number:** DE19743167 (A1)

**Publication date:** 1999-04-01

**Inventor(s):** BRAKEMEIER ACHIM [DE]

**Applicant(s):** DAIMLER BENZ AG [DE]

**Classification:**

- international: H04H20/72; H04H40/18; H04L27/26; H04L27/28;  
(IPC1-7): H04J13/02; H04H1/00; H04L5/00

- European: H04H40/18; H04H20/72; H04L27/26M3A5

**Application number:** DE19971043167 19970930

**Priority number(s):** DE19971043167 19970930

## Also published as:

WO9817491 (A2)

WO9817491 (A3)

EP1036447 (A2)

## Cited documents:

DE4319789 (C1)

DE4319217 (C2)

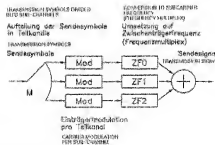
DE3937515 (A1)

US4988972 (A)

EP0529421 (A2)

## Abstract of DE 19743167 (A1)

The invention relates to a communications system for digital data transmission in the long, medium and short-wave ranges. The data to be transmitted are advantageously distributed over several channels (ZF0, ZF1, ZF2) and then transmitted in each channel in carrier modulation mode (Mod). This means that the level of complexity of the equalisation filter used at the receiver end remains low, even with long anticipated echo transmission times. One of the channels is preferably used as a reference channel. Synchronisation parameters are drawn from this reference channel and applied to all of the channels.



Data supplied from the **esp@cenet** database — Worldwide



⑩ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 197 43 167 A 1**

⑪ Int. Cl.<sup>6</sup>  
**H 04 J 13/02**  
H 04 H 1/00  
H 04 L 5/00

⑲ Aktenzeichen: 197 43 167.4  
⑳ Anmeldetag: 30. 9. 97  
㉑ Offenlegungstag: 1. 4. 99

**DE 197 43 167 A 1**

⑰ Anmelder:  
Daimler-Benz Aktiengesellschaft, 70567 Stuttgart,  
DE

⑰ Erfinder:  
Brakemeier, Achim, 89134 Blaustein, DE

⑤⑤ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:

DE 43 19 769 C1  
DE 43 19 217 C2  
DE 39 37 515 A1  
US 49 88 972  
EP 05 29 421 A2

BRAKEMEIER, Achim: Digitaler  
Mittelwellenrundfunk.  
In: telekom praxis 9/96, S.33-38;  
Der DECT-Standard. In: Funkschau, 1996, H.1,  
S.39,40;

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

④ Kommunikationssystem

⑤⑦ Bei einem Kommunikationssystem für digitale Daten-  
übertragung im Lang-, Mittel- und Kurzwellenbereich  
werden die zu übertragenen Daten vorteilhafterweise auf  
mehrere Kanäle verteilt und in jedem Kanal in Einträger-  
modulation übertragen. Auch bei langen zu erwartenden  
Echolaufzeiten bleibt dadurch die Komplexität der emp-  
fängerseitig eingesetzten Entzerrerfilter gering. Vorzugs-  
weise wird einer der Kanäle als Referenzkanal herangezo-  
gen, aus welchem Synchronisationsparameter extrahiert  
und auf alle Kanäle angewandt werden.

**DE 197 43 167 A 1**

Die Erfindung betrifft ein Kommunikationssystem für digitale Datenübertragung, insbesondere im Lang-, Mittel- und Kurzwellenbereich.

Der wegen geringer Qualität der AM-Übertragung gegenüber der UKW-Übertragung in den Hintergrund getretene Lang-, Mittel- und Kurzwellenbereich findet mit Anwendung digitaler Übertragungstechniken wieder zunehmend Interesse, siehe z. B. "Digitaler Mittelwellenrundfunk" von A. Brakemeier in telekom praxis 9/96, Seite 33-38.

Aufgrund der in diesem Frequenzbereich auftretenden Eigenschaften der Übertragungskanäle mit Mehrwegausbreitung, Zeitvarianz und additiven Störungen sind an die Übertragungsverfahren sehr hohe Anforderungen gestellt.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Kommunikationssystem der erfindend genannten Art anzugeben, welches diesen Anforderungen gerecht wird.

Die Erfindung ist im Patentanspruch 1 beschrieben. Die Unteransprüche enthalten vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung.

Die Erfindung ermöglicht eine hohe Bitrate bei der Übertragung mit geringer Komplexität der empfangenseitigen Verarbeitung, insbesondere der Entzerrung der Empfangssignale auch bei Kanälen mit langer Echolauzeit. Bei gleicher maximaler Echolauzeit sind die Kanaltastantworten in Vielfachen der Symboldauer bei der Erfindung wesentlich kürzer als bei einem einzigen Kanal mit entsprechend größerer Frequenzbandbreite. Hierdurch werden die Filter zur Entzerrung der Empfangssignale gleichfalls kürzer und damit einfacher zu berechnen und robuster gegen Störungen.

Vorteilhafterweise wird für die Erfindung das konventionelle Frequenzraster von 5 kHz beim Kurzwellenrundfunk, 9 kHz beim Mittel- und Langwellenrundfunk beibehalten, wobei die Breite eines Kanals bei der Erfindung vorzugsweise zwischen 2,5 kHz und 6 kHz liegt. Für Mittel- und Langwelle wird vorzugsweise eine Kanalbreite von 4,5 kHz gewählt. Die genutzten Kanäle sind vorzugsweise im Frequenzraster unmittelbar benachbart.

Die sendeseitig mit Codierung, Interleaving, Scrambling etc. aufbereiteten Daten werden auf die mehreren Kanäle verteilt. Jedes Datensymbol beinhaltet mehrere Codebits. Für die Übertragung wird in jedem Kanal Einträgermodulation verwandt. In den Datenstrom werden in jedem Kanal Testsymbole eingefügt, anhand derer empfangenseitig eine Schätzung der Kanaltastantwort erfolgen kann. Eine bevorzugte Signalstruktur sieht eine in allen Kanälen gleiche Unterteilung des Symbolstroms in Datenblöcke vor, die wieder jeweils aus mehreren Datenrahmen aufgebaut sind. Vorzugsweise enthält jeder Datenrahmen eine Testsymbolfolge und eine Datensymbolfolge. Zusätzlich können Steuersymbole oder Präambeln zur Übermittlung von Informationen zur empfangenseitigen Synchronisation und/oder zu Modulationsparametern in den Symbolstrom aufgenommen werden. Nach der Einträgermodulation werden die Teilsignale der einzelnen Kanäle gegebenenfalls mit einem gegenseitigen Zeitversatz entsprechend einem Frequenzmultiplex zusammengeführt.

Besonders vorteilhaft ist die Unterscheidung der genutzten Kanäle in einen Referenzkanal und andere, im folgenden auch Erweiterungskanäle genannte Kanäle. Die Einträgermodulation und die Einfügung von Testsymbolen ist bei allen Kanälen gegeben. Der Referenzkanal unterscheidet sich von den übrigen Kanälen zumindest bei der empfangenseitigen Auswertung insbesondere dadurch, daß aus den darin übertragenen Signalen Parameter abgeleitet werden, die auch auf die Auswertung der Teilsignale in den anderen Kanälen angewandt werden. Solche Parameter sind insbeson-

dere die genaue Trägerfrequenz und Synchronisationsparameter zur Blocksynchronisation und Rahmensynchronisation. Weitere wesentliche, vorzugsweise nur im Referenzsignal übermittelte Parameter sind insbesondere Modulationsparameter, die vorzugsweise in Form von Steuersymbolen codiert mitübermittelt werden. Die übermittelten Modulationsparameter enthalten auch Angaben zu gegebenenfalls vorliegendem Interleaving und Scrambling.

Die Schätzung der Kanaltastantwort und die daraus abgeleitete Einstellung von Entzerrfiltern erfolgen in jedem Kanal getrennt. Damit wird den häufig stark frequenzselektiven Störungen und Verzerrungen in den betrachteten Frequenzbereichen Rechnung getragen.

Bei Empfang der Mehrkanalübertragung mit Einträgermodulation wird das Empfangssignal vorzugsweise als Ganzes in der Gesamtbreite aller benutzten Kanäle empfangen, abgetastet und digitalisiert. Die weitere Signalverarbeitung erfolgt digital, insbesondere auch die Trennung der Teilsignale der verschiedenen Kanäle durch Frequenzdemultiplexing. Digitale Filter hierfür sind einfach aufgebaut und leicht realisierbar. Verschiedene Realisierungsformen sind aus dem Stand der Technik bekannt.

Zu Beginn eines Empfangs wird zuerst das Empfangssignal des Referenzkanals extrahiert. Hierfür erfolgt eine Frequenzverschiebung entsprechend der Zwischenträgerfrequenz des Referenzkanals und eine Tiefpaßfilterung. Diese Operationen werden digital durchgeführt in der Art, daß das Empfangssignal des Referenzkanals bei einer Zwischenfrequenz zu liegen kommt, die der weiteren Signalverarbeitung entspricht und diese möglichst vereinfacht (Verarbeitungsfrequenz). Bei der Einträgermodulation wird günstigerweise die Verarbeitungsfrequenz des transformierten Signals zu Null gewählt. Dies entspricht einer Transformation des Empfangssignals in den äquivalenten Tieffpassbereich. Dies wird auch Beschreibung als komplexe Einhüllende bezeichnet. Die Tiefpaßfilterung erlaubt gleichzeitig eine Reduktion der Abtastrate, so daß nun entsprechend der Bandbreite eines Teilkanals abgetastet werden kann, also entsprechend dem zugrundeliegenden Frequenzraster. Günstig ist es, die Abtastfrequenz entsprechend der Symbolrate  $1/T_s$  ( $T_s$  = Symboldauer) mit  $N_{TS}$  Abtastungen je Symbol zu wählen, das heißt es wird im Zeitabstand  $T_s/N_{TS}$  abgetastet. Vorzugsweise ist  $N_{TS}=2$ . Die Abtastwerte sind im allgemeinen komplexwertig.

Durch den Funkkanal, durch Frequenzabweichungen der Oszillatoren auf Sender- und Empfängerseite sowie durch bewegte Sender bzw. Empfänger kann eine Frequenzverschiebung auftreten. Die empfangenseitige Synchronisation umfaßt daher auch eine Frequenzschätzung und erforderlichenfalls den Ausgleich einer Frequenzverschiebung. Ein weiterer Teil der Synchronisation ist eine Schätzung der Position der Rahmen bzw. der darin enthaltenen Teilsfolgen sowie eine Schätzung des Anfangszeitpunktes eines Datenblocks.

Die Synchronisation wird vorzugsweise nur aufgrund des im Referenzkanal empfangenen Teilsignals durchgeführt. Das Ergebnis der Synchronisation wird dann sowohl auf den Referenzkanal als auch auf die Erweiterungskanäle angewandt, d. h. der Synchronisationszeitpunkt wird auf die Erweiterungskanäle übertragen und das Gesamt Empfangssignal wird breitbandig mit der geschätzten Frequenzverschiebung in der Frequenz korrigiert.

Wenn während des Empfangs Taktsverschiebungen auftreten oder weitere Frequenzverschiebungen, so werden diese Änderungen nur mit Hilfe des Referenzkanals bestimmt. Die Ergebnisse werden auf alle Erweiterungskanäle übertragen.

Die Wiedergewinnung der Datensymbole erfolgt bis auf

die beschriebene Takt- und Frequenzsynchronisation unabhängig in allen Teilkanälen. Nacheinander oder auch parallel werden die Teilsignale der verschiedenen Kanäle jeweils zur Verarbeitungsfrequenz verschoben und durch Tiefpaßfilterung extrahiert. Gleichzeitig wird die Abtastrate auf die Symbolrate pro Kanal angepaßt. Der Demodulationsprozeß ist für alle Kanäle gleich. Er gliedert sich in eine Schätzung der Kanalstoßantwort und eine darauf aufbauende Entzerrung. Jeder Kanal liefert die erkannten Datensymbole, gegebenenfalls versehen mit einer Soft Decision Information. Die Decodierung wird über sämtliche Datensymbole aller Teilkanäle gemeinsam durchgeführt. Dabei wird der Prozeß der Verteilung der Symbole auf die einzelnen Kanäle umgekehrt. Vorzugsweise wird Soft Decision Decodierung verwendet.

In Fig. 1 ist das Prinzip der senderseitigen Aufteilung eines Sendesymbolstroms auf mehrere Teilkanäle durch Multiplexing  $M$  skizziert. In jedem Kanal wird mittels Einträgermodulation und unter Einfügung von Testfolgen ein Teilsignal erzeugt, das auf eine von mehreren Zwischenträgerfrequenzen  $ZF_0$ ,  $ZF_1$ ,  $ZF_2$  im gewählten Kanalraster umgesetzt wird. Die mehreren Teilsignale werden additiv überlagert und als Sendesignale gegebenenfalls nach weiterer Frequenzumsetzung übertragen. Fig. 2 zeigt ein Spektrum eines auf drei Kanäle im Frequenzraster  $DF$  aufgeteilten Sendesignals mit Kanalmittelfrequenzen  $F_0$ ,  $F_1$  und  $F_2$ . Vorzugsweise dient der mittlere Kanal bei  $F_1$  als Referenzkanal. Die Zwischenträgerfrequenzen sind vorteilhafterweise so gewählt, daß das entstehende Signal im Spektrum symmetrisch wird.

Die Erfindung ist nicht auf die beschriebenen Beispiele beschränkt, sondern im Rahmen fachmännischen Könnens auf verschiedene Weise variierbar.

#### Patentsprüche

1. Kommunikationssystem für digitale Datenübertragung, insbesondere im Lang-, Mittel- und Kurzwellenbereich, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Daten auf mehrere Kanäle verteilt und in jedem Kanal in Einträgermodulation übertragen werden.
2. Kommunikationssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Kanäle im einfachen, halben oder doppelten konventionellen Frequenzraster vorliegen.
3. Kommunikationssystem nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß in jedem Kanal Testsignale zur empfängerseitigen Schätzung der Kanaleigenschaften übertragen werden.
4. Kommunikationssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Kanäle unterschieden sind in einen Referenzkanal und Erweiterungskanäle, wobei in dem Referenzkanal empfängerseitig Übertragungsparameter für alle Kanäle bestimmt und auf alle Kanäle angewandt werden.
5. Kommunikationssystem nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß im Referenzkanal Synchronisationsparameter bestimmt werden.
6. Kommunikationssystem nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß das übertragene Signal eine Struktur aus in Datenrahmen unterteilten Datenblöcken aufweist und empfängerseitig die Rahmen- und Blocksynchronisationsparameter im Referenzkanal bestimmt und auf die übrigen Kanäle angewandt werden.
7. Kommunikationssystem nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß im Referenzkanal Modulationsparameter ermittelt werden.
8. Kommunikationssystem nach einem der Ansprüche

4 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß im Referenzkanal zusätzliche Steuersymbole übertragen werden.

9. Kommunikationssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die mehreren Frequenzkanäle im Frequenzraster unmittelbar benachbart sind.

10. Kommunikationssystem nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Signale aller Kanäle gemeinsam breitbandig empfangen und durch digitale Filterung getrennt werden.

11. Kommunikationssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Signale aller Kanäle gemeinsam digital erzeugt und gemultiplext werden.

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

Aufteilung der Sendesymbole  
in Teilkanäle

Umsetzung auf  
Zwischenträgerfrequenz  
(Frequenzmultiplex)

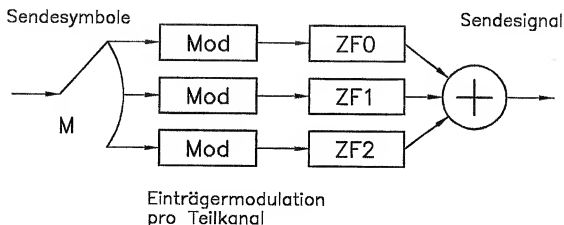


Fig.1

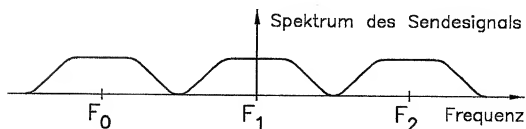


Fig.2